

コロナ禍における夜間光輝度と人流データとの相関性評価

杉本賢二*

Evaluation of Correlation between Nighttime Lights Radiance and Human Flow Changes in COVID-19 calamity

Kenji Sugimoto*

The purpose of this study is to evaluate the correlation between the rate of population change and the rate of luminance change in major stations and districts, and to verify the possibility of understanding human flow dynamics using nighttime light data. The rate of population change decreased significantly at the beginning of the emergency declaration period and has been gradually increasing, while luminance has been decreasing. Thus, although restaurants and other establishments have refrained from operating in urban areas, the population has not declined significantly, which is presumably the reason why the correlation between the luminance change rate and the population change rate has weakened. There is a certain correlation between luminance and the rate of population change, it is necessary to apply the method in other areas and verify its accuracy in order to indirectly understand human flows.

Keywords: nighttime lights, human flow, COVID-19, correlation

1. はじめに

2019 年末以降, 新型コロナウイルス(COVID-19)の感染が世界各地に拡大し, 社会経済活動に大きな影響を与えている. 感染拡大に対し, 海外では都市封鎖や国境閉鎖など人々の行動を大きく制限する対策が実施され, 日本でも国民の生命や健康を守るために, いわゆる「緊急事態宣言」が発表され, 国や都道府県知事が特措法に基づく措置として, 飲食店におけるアルコール類提供の停止, 外出自粛, イベント開催の制限などの実施された.

ウイルスは空気感染する細菌とは異なり, 他の生物を宿主にしないと増殖することができない. また, COVID-19 の特徴として, 特に若年層において感染したとしても, 目立った症状が出ない「無症状」になることが挙げられる. そのため, 感染拡大対策として, マスクの着用により物理的にウイルス接触を遮るだけでなく, 人口密度が高い場所を避けることが求められている. しかし, リモートワークに対応できない業種も多く, 生活必需品の購入でやむを得ず外出する場合もあるため, 外出する際には人口密度の低い場所や時間帯を把握し, かつ人との接触を避けることが重要である.

人口密度に関する時空間情報として, 内閣官房で

は主要駅や繁華街における人口変化率の推移を公開している. この人口変化率は, スマホの位置情報を基に推計した特定エリアの人数から算出されており, 新聞やテレビ放送を通じ, 「人流」が一般的に使用されるようになった. しかし, 人口変化率のデータはコロナ禍である時勢により公開されているが, 平時では有償で販売されているデータ製品である. したがって, 平時における広域での人流動態の把握には, 膨大なコストがかかる. さらに, 海外では個人識別に関わる位置情報の取り扱いが厳密に設定されている地域もあり, 広域での人流把握には位置情報の入手可能性や秘匿性, 費用が課題となっている.

一方, 人工衛星の打ち上げ以降, 全球を対象とした高解像度の観測データが利用可能となっている. 衛星観測データの特徴として, 広域性や周期性などがあるが, 中でも地表の状態を物理量として観測しているため, データの普遍性が確保されていることがある. すなわち, 衛星観測データを用いて間接的に社会経済活動を把握できれば, データ収集網や機関の整備状況や精度に依存しない, 世界全体での人間活動の把握が可能となる. 特に, 衛星観測データのなかでも, 夜間における地表面付近の輝度(光の強さ)を観測している夜間光データは, 輝度と人間活動

* 正会員 大阪工業大学工学部 (Osaka Institute of Technology)
〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 E-mail : kenji.sugimoto@oit.ac.jp

の度合いとに密接な関係があるといわれており、一ノ瀬ら(2002)や Henderson et al. (2012)は、夜間光を用いた社会経済指標の代替推計手法として検証を行っている。

以上のことから、本研究では夜間光データを用いた人流動体把握の可能性について検証することを目的とする。そのため、新型コロナ対策として公開されている主要駅や繁華街における人口変化率と、当該地点の輝度変化率とを用いて両者の相関関係を評価する。

2. 手法

2.1. 分析フロー

夜間光データによる人流把握の有用性を検証するため、人口変化率と輝度変化率との相関係数を算出する。図-1 に、本研究の推計フローを示す。まず、感染拡大前の期間における夜間光データを用いて基準輝度を算出する。次に、感染拡大後の期間において、夜間光データと基準輝度とにより輝度変化率を求め、これと人口変化率とを用いて日別・地点別の相関係数を計算する。輝度及び人口変化率の時間解像度は「日」単位であるが、相関係数を算出する際にはこれを「週」「月」単位に集計し、それぞれ相関

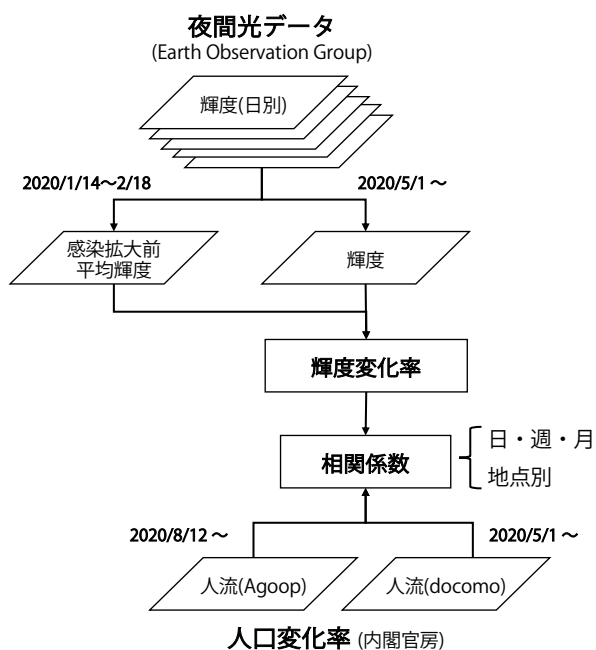


図-1 新宿駅における輝度と人口変化率の推移

性評価を行う。

2.2. 夜間光データ

夜間光データとして、地球観測衛星 Suomi-NPP (National Polar-orbiting Partnership Mission)に搭載されている可視赤外線放射計群 VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite)により観測された、夜間における地表付近の輝度データを用いる。データは、Earth Observation Group, Payne Institute for Public Policy により公開されており、翌日にはデータが利用可能な準リアルタイム性が特徴である。また、2012年以降の日別データのほか、雲量などを補正した月別・年別の輝度データも利用できる。

なお、夜間光は人工衛星が日本上空を通過する真夜中(0時過ぎ)に観測されているため、当日ではなく前日の人間活動の度合いが大きく影響していると考えられる。したがって、夜間光データの観測日を前日に1日ずらし、前日の輝度として使用した。加えて、夜間光データとの比較で使用する人流データは単位が人数ではなく、感染拡大前(2020年1月18日~2月14日)の平均人数と比較した、平日あるいは休日の人口変化率として示されている。そのため、人流データの地点に該当する場所において、感染拡大前の平日及び休日における基準輝度を算出してから、比較対象となる期間の輝度と基準輝度とを用いて輝度変化率を算出した。

2.3. 人流データ

人流データは、内閣官房が「新型コロナウイルス感染症対策 人流の減少率」としてデータを公開している、コロナ禍における人口変化率を用いる。ホームページでは人流の減少率データにはいくつかの種類が無償公開されているが、本研究では、Agoop及びNTT docomo(以下、docomo)による人流データを使用した。表-1に、両データの概要を示す。どちらのデータも、スマホ等の位置情報を用いて特定エリア内の人数を推計しているが、位置の推定方法(基地局ベースか、端末ベースか)やキャリア別パラメータの設定等が異なっている。特に、Agoopは主に大都市部における夜間の人口動態を、docomoは各都道府

表-1 人流データの概要

	Agoop	docomo
データ取得	端末から取得した位置情報を集計	基地局ごとに端末数を集計
地点	45 地点(うち東京都で14 地点)	95 地点(各都道府県に1~10 地点)
観測時刻	21 時台	15 時台
公開期間	2020 年 8 月 12 日~	2020 年 5 月 1 日~
集計単位	半径 500m に該当する 50m メッシュ	4 次地域メッシュ(約 500m)

県での主要地点の人口動態を、それぞれ表す人流データである。そのため、本研究では、異なる2つの人流データを用いているが、同一地点においても推計方法や観測時刻が異なるため、人口変化率の値も異なる。また、Agoop は「メッシュ型流動人口データ」、docomo は「モバイル空間統計」というデータ名で有償販売されている。

3. 結果

3.1. 地点別の相関係数

輝度及び人口変化率を用いて、各地点の相関係数を算出した。表-2 に Agoop の人流データを用いた場合、表-3 に docomo の人流データを用いた場合の、全地点における集計結果を示す。また、付表-1 及び付表-2 に、各人流データを用いた場合の全地点の相関係数を示す。全体的な傾向として、日別では輝度

表-2 相関係数の算出結果(Agoop)

	日別	週別	月別
平均値	0.016	0.061	0.085
最大値	0.246	0.502	0.673
最小値	-0.159	-0.333	-0.621
標準偏差	0.091	0.199	0.290

表-3 相関係数の算出結果(docomo)

	日別	週別	月別
平均値	0.039	0.131	0.191
最大値	0.233	0.448	0.555
最小値	-0.204	-0.407	-0.504
標準偏差	0.096	0.151	0.213

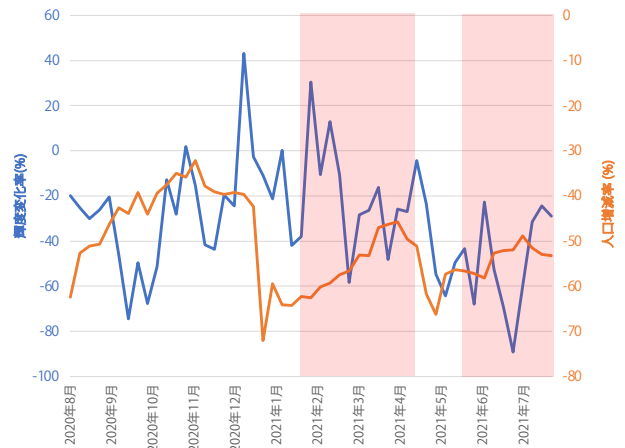


図-2 東京駅における輝度・人口変化率(Agoop)の推移(週別)

と人口変化率に弱い相関性しか見られなかったが、週・月別に集計することで強い相関が得られるようになった。具体的には、Agoop の人流データを用いた場合、福岡県博多駅の相関係数は、日・週・月でそれぞれ 0.179, 0.502, 0.565 となった。

その一方で、集計単位を変化させても係数がほぼ変わらない地点もあり、例えば、東京駅では日・週・月でそれぞれ-0.087, -0.017, -0.019 となり、両者に相関関係が見られなかった上、係数は負となった。

図-2 に、東京駅における週別の輝度と人口変化率(Agoop)の推移を示す。なお、図中の網掛けは緊急事態宣言の期間を表している。感染者数が減少し、社会経済活動がもとに戻りつつあった 2020 年秋には人口は増加しているが、輝度はやや遅れて増加している。その後、2021 年になって、緊急事態宣言が発表されて以降は、輝度は営業自粛やリモートワークに起因すると推測される要因により輝度は減少している。一方で、宣言直後に人口は減少しているが、その後は自粛疲れによるものか、宣言の効果が薄れたのか断言はできないが人流が戻っていた。そのため、相関係数が小さく、負になったと考えられる。

なお、地域的な傾向として、西日本ほど相関係数が高い値となり、東日本では係数が小さくなる地域性が見られた。また、地方都市のように駅前に住宅地(マンション)が立地している地点では、人口減少率が低くなっているところが見られる。これは、一定数の居住者がいるため、来訪者が減少したとしても人口はさほど減少しないためであると考えられる。

同様の傾向は、羽田空港や千歳空港など、旅客運行が減少した地点でも見られることから、今後はエリアの業種を考慮した分析が必要である。

3.2. 日本全体での相関係数

前節では地点別に集計した相関係数を示したが、本節では全地点で平均した相関係数の算出結果について考察する。図-3 に日別に算出した、全地点の輝度と変化率(docomo)との相関係数の推移を示す。なお、Agoop の人流データを用いた場合でも、相関係数の推移は同様であった。最大値は0.423 (2020年12月18日)で、最小値は-0.249 (2021年7月8日)であり、ほとんどの期間は、相関係数が-0.1~0.2の範囲で推移していた。すなわち、日本全体でみても、輝度と人口変化率には弱い相関関係となる結果が得られた。したがって、夜間光を用いた人流動態の把握について、現状では精度良く推計することは困難であることが示された。

3.3. 制約と課題

本研究の結果には、以下のような制約や課題がある。まず、夜間光データに起因するものである。輝度は人工衛星により地表面付近の光を観測しているが、衛星と地表面の間に雲がある場合には、雲に反射した月の光を輝度として観測することがある。したがって、夜間が晴れではない降雨の場合や積雪の多い冬季には、地上の輝度を正しく表していないことがある。次に、対象とした地点には商業地だけでなく、住宅地も含まれていることがある。そのため、夜間でも人口があまり変化しにくい可能性がある。

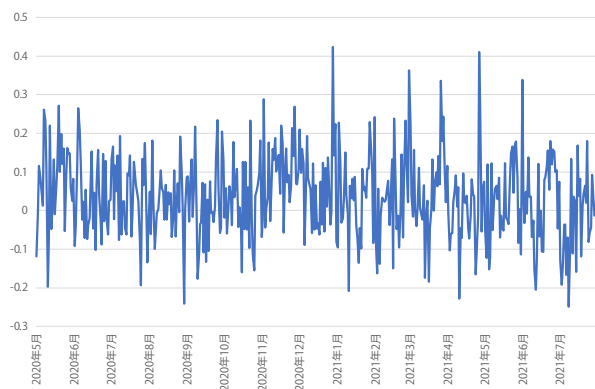


図-3 日別相関係数の算出結果(docomo)

今後の課題として、これらの要因を検討することが挙げられる。

4. おわりに

本研究では夜間光データを用いた人流動態把握の可能性について検証することを目的とした。コロナ禍における輝度及び人口変化率の相関関係を評価したところ、日別では弱い相関性しか得られなかったが、週や月別に集計することで相関係数が大きくなることが示された。今後は、エリアの業種や夜間光データの課題を踏まえ、分析地域・期間を拡張した分析が課題である。

謝辞

本研究は、科研費補助金(19K12434)の支援を受けて実施した。また、東京大学 CSIS 共同研究(No.922)の成果の一部である。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 一ノ瀬俊明, 中野泰臣, 松村寛一郎, 中谷友樹, Elvidge, C. (2002)夜間光衛星画像データ DMSP の中国における地域別経済活動指標代替性の検討 日本地理学会学術大会発表要旨集. 61, 266-266.
- 内閣官房, 新型コロナウイルス感染症対策 人流の減少率 : <https://corona.go.jp/dashboard/>
- Earth Observation Group, Payne Institute for Public Policy : <https://eogdata.mines.edu/products/vnl/>
- Henderson, J.V., A Storeygard and D. N. Weil (2012) Measuring Economic Growth from Outer Space. *American Economic Review*, 102 (2), pp.994-1028.

付表-1 相関係数の算出結果(Agoop)

ID	地点	日別	週別	月別	網掛け
1	すすきの	-0.048	-0.172	-0.304	上位10%
2	大通	-0.159	-0.185	-0.259	下位10%
3	中央弘前	0.013	-0.112	-0.240	
4	あおば通	-0.138	-0.170	-0.133	
5	勾当台公園	-0.051	-0.074	0.024	
6	東武宇都宮	-0.102	-0.208	-0.502	
7	中央前橋	-0.125	-0.183	-0.380	
8	大宮	-0.051	0.097	0.163	
9	上野	-0.054	-0.039	-0.008	
10	六本木	0.171	0.044	-0.024	
11	原宿	-0.010	-0.043	-0.042	
12	吉祥寺	0.056	0.062	0.111	
13	品川	0.012	0.005	0.007	
14	新宿	-0.045	-0.036	-0.012	
15	新橋	0.074	0.073	0.066	
16	東京	-0.087	-0.017	-0.019	
17	新宿歌舞伎町	0.086	0.104	0.091	
18	池袋	0.041	0.146	0.254	
19	渋谷センター街	0.041	-0.060	-0.147	
20	渋谷	-0.006	0.072	0.283	
21	秋葉原	-0.017	0.083	0.216	
22	銀座	0.056	0.177	0.330	
23	元町・中華街	-0.039	0.017	0.177	
24	桜木町	-0.062	0.065	-0.007	
25	関内	-0.005	-0.006	0.021	
26	金沢片町	0.009	-0.101	-0.119	
27	岐阜柳ヶ瀬通り	0.049	0.179	0.295	
28	浜松	-0.112	-0.217	-0.211	
29	伏見	0.013	0.168	0.310	
30	栄	0.033	-0.037	0.016	
31	草津	-0.094	-0.333	-0.621	
32	京都河原町	0.176	0.464	0.594	
33	難波	0.099	0.281	0.403	
34	北新地	0.024	0.255	0.390	
35	心齋橋	-0.019	0.053	-0.022	
36	米子	-0.008	-0.141	-0.053	
37	田町	0.094	0.380	0.352	
38	八丁堀	0.139	0.352	0.507	
39	阿波富田	0.021	-0.121	-0.245	
40	瓦町	0.025	0.233	0.294	
41	中州川端	0.079	0.329	0.481	
42	博多	0.179	0.502	0.565	
43	観光通	0.246	0.493	0.673	
44	牧志	0.169	0.178	0.337	
45	那覇国際通り	0.067	0.174	0.211	

付表-2 相関係数の算出結果(docomo)

ID	地点	日別	週別	月別				
0	沖縄県 那覇空港	0.138	0.219	0.422	47 山梨県 甲府駅南	-0.006	0.210	0.292
1	沖縄県 県庁前	0.119	0.237	0.555	48 神奈川県 横浜中華街駅	-0.014	0.198	0.212
2	沖縄県 国際通り	0.120	0.173	0.459	49 神奈川県 みなとみらい	0.111	0.162	0.193
3	鹿児島県 天文館	0.134	0.269	0.284	50 神奈川県 横浜駅	0.035	0.082	0.106
4	宮崎県 新別府町	-0.022	-0.035	0.035	51 神奈川県 川崎駅	0.099	0.153	0.239
5	長崎県 浜町アーケード	0.155	0.350	0.427	52 東京都 羽田空港 第1ターミナル	0.024	0.128	0.207
6	長崎県 長崎駅	0.158	0.210	0.232	53 東京都 羽田空港 第2ターミナル	0.102	0.247	0.408
7	長崎県 佐世保四ヶ町	0.118	0.081	-0.073	54 神奈川県 橋本駅	0.125	0.170	0.258
8	熊本県 通町筋	0.193	0.279	0.326	55 東京都 品川駅	0.104	0.119	0.185
9	佐賀県 佐賀駅	-0.015	-0.193	-0.326	56 東京都 渋谷センター街	0.075	0.237	0.393
10	大分県 大分駅付近	0.091	0.201	0.220	57 東京都 霞が関	0.121	0.200	0.314
11	福岡県 天神	0.161	0.320	0.354	58 東京都 銀座	0.094	0.230	0.352
12	福岡県 博多駅	0.233	0.448	0.532	59 東京都 丸の内	0.017	0.276	0.368
13	福岡県 福岡空港	0.145	0.412	0.505	60 東京都 東京駅南	0.209	0.296	0.420
14	福岡県 小倉駅	0.153	0.310	0.204	61 東京都 東京駅	-0.095	-0.123	-0.114
15	山口県 下関駅	0.086	0.042	0.009	62 東京都 新宿駅	0.116	0.268	0.376
16	愛媛県 松山市駅東側	-0.081	0.064	0.068	63 東京都 大手町	0.096	0.058	0.107
17	高知県 はりまや橋	0.015	0.085	0.128	64 東京都 立川駅	0.056	0.147	0.257
18	山口県 山口駅	0.015	0.032	0.401	65 千葉県 船橋駅	0.073	0.124	0.203
19	広島県 紙屋町	0.048	0.233	0.340	66 埼玉県 大宮駅西	0.010	0.106	0.132
20	広島県 広島駅	0.224	0.338	0.485	67 千葉県 千葉駅	0.133	0.270	0.491
21	岡山県 倉敷駅	0.083	0.364	0.534	68 茨城県 取手駅	-0.062	-0.132	-0.243
22	岡山県 岡山駅	0.089	0.333	0.447	69 福井県 福井駅	-0.081	0.095	0.189
23	岡山県 岡山表町	-0.038	0.132	0.059	70 石川県 香林坊	-0.177	-0.049	0.060
24	徳島県 徳島駅	-0.067	0.025	-0.076	71 石川県 金沢駅	-0.089	0.030	0.026
25	香川県 高松市フェリー通り	0.089	0.275	0.400	72 長野県 長野駅	0.114	0.199	0.294
26	香川県 高松駅	-0.139	0.046	0.086	73 茨城県 古河駅	-0.020	0.061	0.244
27	和歌山県 和歌山駅	0.099	0.221	0.200	74 群馬県 高崎駅西	0.069	0.098	0.269
28	大阪府 堺東駅	0.079	0.354	0.494	75 群馬県 前橋駅	-0.180	-0.407	-0.504
29	大阪府 難波	0.067	0.213	0.218	76 栃木県 宇都宮オリオン通り	-0.032	0.091	0.257
30	兵庫県 姫路駅	0.135	0.383	0.393	77 栃木県 宇都宮駅	-0.074	-0.073	-0.013
31	兵庫県 三ノ宮駅	0.035	0.195	0.169	78 茨城県 つくば駅	0.025	-0.014	0.041
32	大阪府 梅田	0.091	0.300	0.364	79 茨城県 水戸駅	0.059	0.137	0.131
33	大阪府 伊丹空港	0.100	0.282	0.455	80 富山県 富山駅	-0.204	0.057	-0.016
34	奈良県 近鉄奈良駅	0.063	0.184	0.313	81 新潟県 長岡駅	0.034	0.080	0.026
35	京都府 京都駅	0.148	0.344	0.510	82 新潟県 新潟駅	-0.047	-0.034	-0.095
36	京都府 四条河原町付近	0.174	0.335	0.443	83 福島県 郡山駅	-0.176	-0.151	-0.219
37	滋賀県 草津駅西口	-0.015	0.020	0.096	84 福島県 福島駅	-0.025	-0.016	0.048
38	三重県 津駅	0.107	0.217	0.349	85 山形県 山形駅	-0.080	0.062	0.048
39	三重県 近鉄四日市駅	0.102	0.154	0.337	86 宮城県 青葉通一番町駅	-0.014	0.017	0.157
40	愛知県 名古屋駅	-0.064	0.040	0.032	87 宮城県 仙台駅西	-0.105	-0.098	-0.006
41	愛知県 栄駅	0.009	0.120	0.153	88 秋田県 秋田駅	0.042	0.027	-0.004
42	静岡県 浜松駅	-0.107	-0.069	-0.047	89 岩手県 盛岡駅北	0.051	-0.035	0.266
43	静岡県 静岡駅	0.018	0.118	0.167	90 青森県 青森駅	-0.043	-0.095	-0.267
44	島根県 松江駅	0.038	0.067	-0.042	91 北海道 新千歳空港	0.031	0.070	0.050
45	鳥取県 晩稲	0.042	0.133	0.294	92 北海道 すすきの	-0.162	-0.082	-0.198
46	岐阜県 岐阜駅	-0.045	-0.063	-0.067	93 北海道 札幌駅	0.058	0.180	0.182
					94 北海道 旭川駅	0.000	0.045	0.110